

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DI PT.X

Farid Hanafi

15513007

ABSTRACT

The Leather Tannery Industry has complicated wastewater because it contains chemicals, raw leather, meat, etc. The contents of wastewater produce high levels of COD, BOD₅, TSS, Sulfide, Chrome. Therefore, this wastewater needs to be treated at WWTP to meet quality requirements. However, there are still various problems in the WWTP that do not meet the needs of WWTP and effluent wastewater that still exceeds quality standards. The tannery industry in PT. X has an average discharge of wastewater of 61.83 m³/day and a peak discharge of 104.72 m³/day. Wastewater quality testing is carried out at each wastewater treatment unit and WWTP outlet. The testing method is based on the Indonesian National Standard (SNI) on the method of taking wastewater and testing each parameter. The parameters of effluent wastewater effluent released are BOD₅, COD, TSS, TDS, Sulfide, total Chromium, total Ammonia, Oil & grease, pH and temperature. Whereas the parameters of wastewater in each treatment unit in WWTP are COD, TSS and total Chrome. BOD₅ value of 25.17 mg/l, COD of 525 mg/l, TSS 93 mg/l, TDS of 3150 mg/l, Sulfide of 0.21 mg/l, Total Chrome of 0.15 mg/l, Ammonia of 0.23 mg/l, Oil & grease of 0.26 mg/l, a temperature of 31.9°C and pH of 9.6. Suggestions from this evaluation include optimizing anaerobic-aerobic biofilter and if needed, a constructed wetlands unit should be added so that the quality of waste at the outlet meets the quality standard.

Keywords: leather tannery industry, wastewater, wastewater treatment plant (WWTP)

ABSTRAK

Industri penyamakan kulit Industri memiliki air limbah yang kompleks karena terdapat bahan kimia, kulit mentah, daging dll. Kandungan air limbah hasil penyamakan kulit memiliki kadar COD, BOD, TSS, Sulfida, Krom yang tinggi. Oleh karena itu, air limbah ini perlu diolah di IPAL agar memenuhi baku mutu. Namun, masih terdapat berbagai permasalahan di IPAL diantaranya seperti tidak mencukupinya kapasitas IPAL serta efluen air limbah yang masih melebihi baku mutu. Industri penyamakan kulit di PT. X memiliki debit rata-rata air limbah sebesar 61,83 m³/hari dan debit puncak 104,72 m³/hari. Pengujian kualitas air limbah dilakukan pada setiap unit pengolah air limbah dan outlet IPAL. Metode pengujian berdasarkan Standar Nasional Indonesia

(SNI) tentang metode pengambilan air limbah dan pengujian tiap parameter. Parameter air limbah effluen IPAL yang diuji adalah BOD_5 , COD, TSS, TDS, Sulfida, Krom total, Amonia total, Minyak & lemak, pH dan suhu. Sedangkan parameter air limbah pada tiap unit pengolahan di IPAL adalah COD, TSS dan Krom total. Nilai BOD_5 sebesar 25,17 mg/l, COD sebesar 525 mg/l, TSS 93 mg/l, TDS sebesar 3150 mg/l, Sulfida sebesar 0,21 mg/l, Krom total sebesar 0,15 mg/l, Amonia sebesar 0,23 mg/l, Minyak & lemak sebesar 0,26 mg/l, suhu 31,9°C dan pH sebesar 9. Saran dari evaluasi ini meliputi optimalisasi biofilter anaerobik-aerobik dan jika diperlukan maka perlu ditambahkan unit constructed wetlands agar kualitas limbah di outlet memenuhi baku mutu.

Kata kunci: air limbah, Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL), penyamakan kulit

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sandang merupakan kebutuhan primer bagi manusia. Kebutuhan ini semakin meningkat karena pertumbuhan penduduk. Salah satu sandang yang digunakan berupa tas, sandal, pakaian, dll. Sandang yang dipakai sebagian besar berasal dari kulit hewan. Kulit hewan ini diproses melalui kegiatan penyamakan (pengawetan) yang bertujuan menghilangkan bulu dan urat daging di kulit sehingga menjadi kulit jadi. Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah berbagai macam jenis kulit mentah dan kulit setengah jadi seperti kulit pikel, kulit westblue, kulit kras menjadi kulit jadi (Hidayati, 2017).

Industri penyamakan kulit di Daerah Istimewa Yogyakarta terdapat di berbagai wilayah, salah satunya ada di Kawasan Industri Piyungan (KIP) yang terletak di Dusun Banyak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul. Kawasan Industri ini sebagian besar merupakan industri penyamakan kulit. Sekarang, baru 12 industri yang sudah beroperasi di kawasan industri ini. Industri penyamakan kulit yang dijadikan lokasi penelitian tugas akhir adalah PT. X yang merupakan salah satu industri penyamakan kulit di kawasan ini. Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi yang dalam proses pengerjaannya menggunakan air dalam jumlah besar (Nurwati, 2009).

Dalam proses penyamakan kulit menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah padat yang dihasilkan berupa bulu, daging dan lemak. Menurut (Setiyono and Yudo, 2014) limbah padat juga banyak mengandung kapur, garam dan bahan kimia. Sedangkan limbah cair berupa air yang terkontaminasi zat kimia dan bahan organik. Limbah cair penyamakan kulit mengandung BOD_5 , COD, TSS, Krom Total (Cr), Minyak dan Lemak, NH_3-N , H_2S , dan pH yang melebihi baku mutu. Industri penyamakan kulit termasuk industri kimia karena 90% dari proses penyamakannya

menggunakan bahan-bahan kimia sehingga menghasilkan limbah cair yang mengandung polutan organik dari bahan baku dan polutan kimia dari bahan kimia (Hidayati, 2017). Limbah cair dari kegiatan penyamakan kulit dapat mencemari lingkungan, salah satunya komponen yang terkena dampak adalah sungai karena menjadi pembuangan akhir. Kegiatan penyamakan kulit secara konvensional yang menggunakan krom akan menimbulkan dampak ke lingkungan karena membawa sisa krom (Wu, 2014).

Permasalahan yang sering terjadi dalam proses pengolahan limbah adalah belum efektif kinerja IPAL sesuai dengan kapasitas dan lahan yang tersedia serta air limbah yang dihasilkan. Menurut (Fatmawati et al., 2016) operasional IPAL di industri penyamakan kulit belum efektif mengolah air limbah yang dihasilkan, salah satu penyebab tidak efektif disebabkan proses biologis tidak berjalan dengan baik. Belum tercukupinya kapasitas IPAL juga dijelaskan pada penelitian dari Desyana (2017) juga mengevaluasi kinerja IPAL di industri penyamakan kulit. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja unit-unit pengolahan air limbah. Selain itu juga mengevaluasi efisiensi pengurangan dan efektivitas bangunan IPAL terhadap parameter yang ada agar tetap memenuhi standar baku mutu menurut Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama penulisan tugas akhir berupa alat tulis, kalkulator dan *notebook*. Sedangkan alat dan bahan yang digunakan selama pengujian kualitas air limbah yaitu alat-alat laboratorium seperti spektrofotometer uv-vis, AAS (*atomic absorption spectroscopy*), furnace, waterbath, water sampler, grager, roll meter, dan lain-lain. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan bahan *pro analyze* (p.a).

2.2. Cara Kerja

Pengambilan sampel air limbah dari industri penyamakan kulit mengacu pada SNI-6989-59-2008 mengenai metode pengambilan air limbah. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada tiap unit pengolahan air limbah dan outlet IPAL. Pengambilan sampel air limbah dilakukan secara *grab sampling* pada waktu proses produksi berlangsung, yaitu pukul 09.00-12.00 WIB. Sedangkan pengambilan data debit dilakukan dengan dua cara, pertama dengan perhitungan dari total limbah dari proses produksi dan yang kedua adalah dengan cara pengukuran langsung di saluran air limbah dengan cara *composite sampling* pada tiap satu jam selama kegiatan produksi pabrik, yaitu pukul 09.00-16.00 WIB. Sedangkan metode pengujian tiap parameter di laboratorium dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

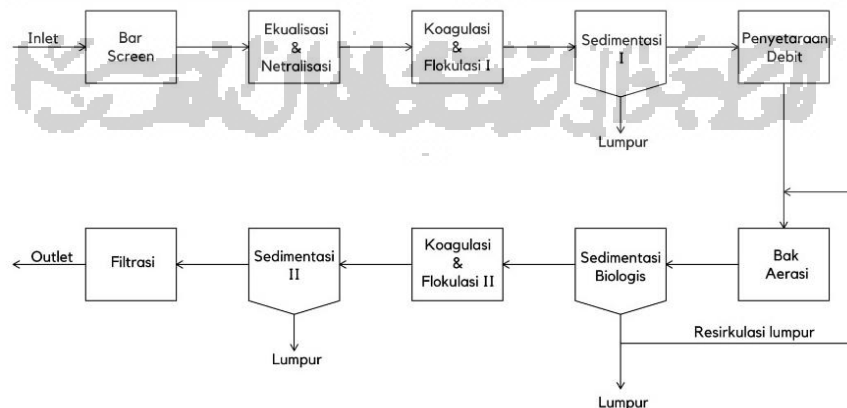
Tabel 1 Metode Pengujian Parameter

Parameter	Satuan	Metode	Acuan
Suhu	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
BOD ₅	mg/l	Winkler	SNI 6989.72:2009
COD	mg/l	Spektrofotometri	SNI 6989.2:2009
TSS	mg/l	Gravimetri	SNI 06-6989.3-2004
TDS	mg/l	Gravimetri	SNI 06-6989.27-2005
Sulfida	mg/l	Iodometri	SNI 6989.75:2009
Krom Total	mg/l	SSA-nyala	SNI 06-6989.17-2004
Amonia Total	mg/l	Spektrofotometri	SNI 06-6989.30-2005
Minyak dan Lemak	mg/l	Gravimetri	SNI 06-6989.10-2004
pH		pH meter	SNI 06-6989.11-2004

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi

Pengolahan air limbah industri penyamakan kulit di PT. X terdiri dari tiga proses utama yaitu fisik-kimia, biologis dan pengolahan lumpur. Pengolahan secara fisik-kimia terdiri dari unit saringan (*bar screen*), bak ekualisasi dan netralisasi, koagulasi dan flokulasi I, bak sedimentasi I, koagulasi-flokulasi II, bak sedimentasi II dan bak filtrasi. Sedangkan pengolahan secara biologis menggunakan unit lumpur aktif (*conventional activated sludge*). Untuk pengolahan lumpur, pertama-tama lumpur dikumpulkan ke bak pengumpul lumpur lalu diolah di unit *plate filter press*. Proses pengolahan air limbah bisa dilihat pada gambar 3.1 dibawah.



Gambar 1 Diagram Alir Pengolahan Air Limbah

3.2. Debit Air Limbah

Pengukuran debit air limbah berdasarkan perhitungan air limbah yang dibuang pada produksi penyamakan kulit. sedangkan hasil perhitungan jumlah air limbah dari metode kedua dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Perhitungan Jumlah Air Limbah

Tanggal	Limbah		Total liter	Debit L/det	Debit m ³ /hari
	Tanning liter	Dyeing liter			
1-Apr-19	26953,20	75468,96	102422,16	3,56	102,42
2-Apr-19	9543,60	26722,08	36265,68	1,26	36,27
3-Apr-19	16005,60	44815,68	60821,28	2,11	60,82
4-Apr-19	16560,00	46368,00	62928,00	2,19	62,93
5-Apr-19	10342,80	28959,84	39302,64	1,36	39,3
6-Apr-19	-	-	-	0	0
7-Apr-19	-	-	-	0	0
8-Apr-19	24940,80	69834,24	94775,04	3,29	94,78
9-Apr-19	21513,60	60238,08	81751,68	2,84	81,75
10-Apr-19	13644,00	38203,20	51847,20	1,8	51,85
11-Apr-19	17578,80	49220,64	66799,44	2,32	66,8
12-Apr-19	19544,40	54724,32	74268,72	2,58	74,27
13-Apr-19	5328,00	14918,40	20246,40	0,7	20,25
14-Apr-19	-	-	-	0	0
15-Apr-19	24883,20	69672,96	94556,16	3,28	94,56
16-Apr-19	-	-	-	0	0
17-Apr-19	-	-	-	0	0
18-Apr-19	-	-	-	0	0
19-Apr-19	-	-	-	0	0
20-Apr-19	15440,40	43233,12	58673,52	2,04	58,67
21-Apr-19	7668,00	21470,40	29138,40	1,01	29,14
22-Apr-19	27334,80	76537,44	103872,24	3,61	103,87
23-Apr-19	16974,00	47527,20	64501,20	2,24	64,5
24-Apr-19	27558,00	77162,40	104720,40	3,64	104,72
25-Apr-19	4042,80	11319,84	15362,64	0,53	15,36
26-Apr-19	18061,20	50571,36	68632,56	2,38	68,63
27-Apr-19	-	-	-	0	0
28-Apr-19	-	-	-	0	0
29-Apr-19	15120,00	42336,00	57456,00	2,00	57,46
30-Apr-19	2682,00	7509,60	10191,60	0,35	10,19
Jumlah Total	341719,20	956813,76	1298532,96	2,15	61,83
Rata-Rata/hari	16272,34	45562,56	61834,90		

Dari kedua perhitungan, disimpulkan bahwa debit yang digunakan untuk evaluasi IPAL ini menggunakan data dari perhitungan jumlah limbah berdasarkan produksi total karena lebih

mewakili jumlah limbah yang dihasilkan selama satu bulan. Debit yang digunakan untuk evaluasi ini adalah $Q_{rata-rata} = 61,83 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan $Q_{puncak} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$.

3.3. Hasil Uji Karakteristik Air Limbah

Pengujian karakteristik air limbah dilakukan mulai bulan April 2019 sampai Juni 2019 bertempat di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Hasil uji karakteristik air limbah industri penyamakan kulit di PT. X bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Karakteristik Air Limbah di Unit IPAL

Unit	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	Cr (mg/L)	pH	Suhu
Inlet	11875	1513	3230	19,89	6	30
Bak Ekualisasi & Netralisasi	2950	984	7670	5,875	7,7	29,3
Bak Sedimentasi I	1000	557	6490	2,295	8	30
Bak Lumpur Aktif	875	460	4510	2,175	8,8	30,6
Bak Sedimentasi II	625	414	4300	0,329	8	27,6
Bak Filtrasi	575	175	3280	0,279	8,4	29,8
Outlet	525	93	3150	0,149	9	31,9

Tabel 4 Karakteristik Air Limbah di Outlet IPAL

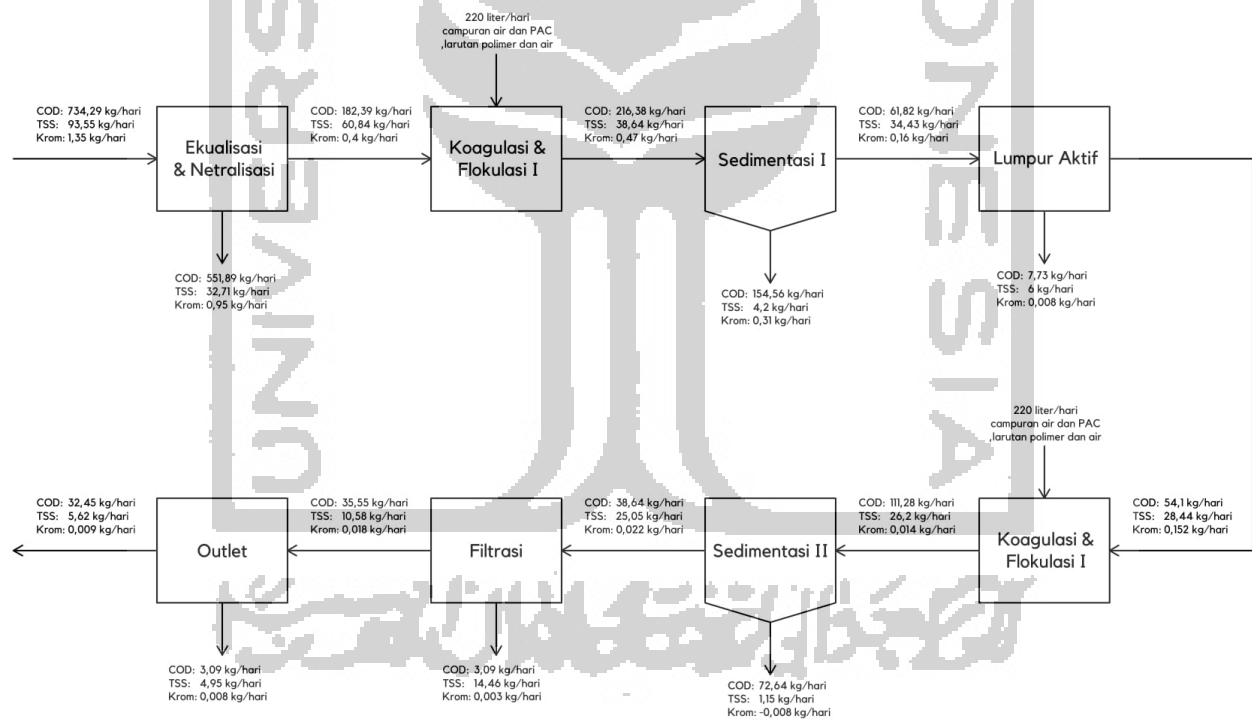
No	Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Baku mutu (mg/L)	Kesimpulan
1	BOD	25,17	50	Memenuhi
2	COD	525	110	Tidak memenuhi
3	TSS	93	50	Tidak memenuhi
4	TDS	3150	2000	Tidak memenuhi
5	S ⁻	0,208	0,5	Memenuhi
6	Cr	0,149	0,5	Memenuhi
7	NH ₃	0,232	0,5	Memenuhi
8	Minyak lemak	0,268	5	Memenuhi
9	Suhu	31,9	±3 dari suhu udara	Memenuhi
10	pH	9	6-9	Memenuhi

3.4. Perhitungan *removal* dan *mass balance*

Berikut merupakan pengurangan kadar pada tiap parameter di tiap unit pengolahan IPAL industri penyamakan kulit.

Tabel 5 *Removal* pada tiap Unit Pengolahan IPAL

Parameter		Bak Ekualisasi	Bak Sedimentasi I	Lumpur Aktif	Bak Sedimentasi II	Bak Filtrasi	Outlet
COD (mg/L)	Influen	11875	2950	1000	875	625	575
	Efluen	2950	1000	875	625	575	525
	%Removal	75.16%	66.10%	12.50%	28.57%	8.00%	8.70%
TSS (mg/L)	Influen	1513	984	557	460	414	175
	Efluen	984	557	460	414	175	93
	%Removal	34.96%	43.39%	17.41%	10.00%	57.73%	46.86%
Krom total (mg/L)	Influen	19.89	5.875	2.295	2.175	0.3288	0.279
	Efluen	5.88	2.30	2.18	0.33	0.28	0.15
	%Removal	70.46%	60.94%	5.23%	84.88%	15.16%	46.51%



Gambar 2 Mass Balance Beban Air Limbah di IPAL

3.5. Evaluasi IPAL

Evaluasi yang dibahas berupa dimensi tiap unit IPAL serta perbandingan dengan kriteria desain masing-masing unit.

3.5.1. Dimensi Unit

Kapasitas IPAL di industri ini sebesar 250 m³/hari. Dimensi tiap unit bangunan diukur secara manual menggunakan *roll meter*. Hasil pengukuran dimensi tiap unit bangunan bisa dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 6 Dimensi Tiap Unit IPAL

No	Unit	Dimensi				Volume (m ³)
		Panjang (m)	Lebar (m)	Diameter (m)	Kedalaman (m)	
1	Bak Ekualisasi	8,7	5,76	-	4	200,45
2	Bak Pengendap I (a)	-	-	3,5	3	28,85
	Bak Pengendap I (b)	-	-	3	3	21,2
3	Bak Aerasi (a)	16,3	4,43	-	4	288,84
	Bak Aerasi (b)	16,3	4,52	-	4	294,7
4	Bak Pengendap II	5,4	5,2	-	4	122,32
5	Bak Filtrasi	5,82	2,6	-	0,8	35,39

3.5.2. Evaluasi Unit

1. Bak Ekualisasi dan Netralisasi

Dari hasil perhitungan dan analisis didapatkan hasil bahwa unit ini memiliki waktu tinggal (td) yang lama, sedangkan kapasitas pompa yang dibutuhkan sebesar 2 m³/menit. Untuk lebih jelasnya pada tabel berikut:

Tabel 7 Hasil Perhitungan Bak Ekualisasi dan Netralisasi

Data	Hasil	Satuan	Kriteria desain
A _{permukaan}	50,11	m ²	-
A _{cross}	23,04	m ²	-
V _{bak}	200,45	m ³	-
T _d	15,31	jam	-
Kedalaman	4	m	< 4
Laju pemompaan	0,01	m ³ /menit	0,01-0,015

2. Koagulasi & Flokulasi

Unit koagulasi dan flokulasi pada industri ini terdapat dua unit, namun dalam evaluasi ini hanya dibahas koagulasi dan flokulasi I. Hasil perhitungan didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 8 Hasil Perhitungan Bak Koagulasi & Flokulasi

Data	Hasil	Satuan	Kriteria desain
Panjang	2	m	-

Lebar	2	m	-
Kedalaman	2	m	-
Volume	8	m ³	-
T _d	1,63	Jam	-

3. Sedimentasi I

Hasil perhitungan dan analisis disimpulkan bahwa nilai td (waktu tinggal) telah memenuhi kriteria desain, sedangkan nilai OFR (overflow rate) belum memenuhi kriteria desain. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

Tabel 9 Hasil Perhitungan Bak Sedimentasi I

Data	Hasil		Satuan	Kriteria desain
Diameter	3,5	3	m	-
Kedalaman	3	3	m	-
Volume	28,85	21,19	m ³	-
T _d	2,2	1,62	Jam	1,5-2,5
Overflow rate	10,89	14,82	m ³ /m ² .hari	80-120

4. Lumpur Aktif (Bak Aerasi)

Hasil perhitungan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 10 Hasil Perhitungan Bak Aerasi

Data	Hasil	Satuan	Kriteria desain
Panjang	16,3	m	-
Lebar	4,43	m	-
Kedalaman	4	m	-
Volume	288,84	m ³	-
Rasio F/M	0,27	kg/m ³ .hari	0,37-076
SVI	196	mL/gram	50-200
Beban BOD	0,04	kg BOD/m ³ .hari	0,3-0,8
MLSS	3308	mg/L	2000-6000
Umur Lumpur	4,7	Hari	5-10
Waktu aerasi	24	Jam	6-8
Rasio sirkulasi lumpur	181	%	50-150
HRT	121	Jam	30

Dari hasil perhitungan dapat dianalisis bahwa nilai SVI masih terlalu besar sehingga menunjukkan bahwa lumpur terlalu gembur sehingga menyebabkan buruknya pengendapan. Nilai rasio F/M belum memenuhi kriteria desain. Namun nilai ini bisa diatur dengan cara mengatur laju sirkulasi lumpur yang masuk ke bak aerasi. Semakin tinggi laju resirkulasi lumpur maka nilai rasio F/M semakin besar. Nilai rasio resirkulasi lumpur terlalu besar, hal ini bisa diatur dengan cara menambah laju air limbah yang masuk ke bak aerasi atau memperlambat laju resirkulasi

lumpurnya, atau dengan cara membuang lumpur sisa yang berada di bak sedimentasi biologis. Nilai umur lumpur sudah memenuhi kriteria. Nilai beban BOD masih terlalu kecil. Nilai HRT (hydraulic retention time) masih terlalu besar, hal ini menunjukkan bahwa bak aerasi masih bisa mengolah debit yang lebih besar lagi agar memenuhi HRT yang sesuai.

5. Bak Sedimentasi II

Hasil perhitungan dan analisis disimpulkan bahwa nilai OFR (overflow rate) dan t_d (waktu tinggal) belum memenuhi kriteria desain. dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 11 Hasil Perhitungan Bak Sedimentasi II

Data	Hasil	Satuan	Kriteria desain
Panjang	5,4	m	25-40
Lebar	5,2	m	6-10
Kedalaman	4	m	3-5
Volume	112,32	m ³	-
T_d	8,58	Jam	1,5-2,5
Overflow rate	3,73	m ³ /m ² .hari	80-120

3.5.3.Operasional dan Maintenance (O&M)

1. Mengukur secara rutin laju pengendapan/nilai Sludge Volume Index (SVI).
2. Apabila laju pengendapan lumpur untuk SVI rendah maka cek keberadaan organisme filamen, DO (dissolved oxygen), suhu dan pH.
3. Mengatur nilai rasio F/M dengan cara mengontrol laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan biologis ke bak aerasi dan lumpur sisa di bak pengendapan akhir. Semakin cepat laju resirkulasi maka nilai F/M semakin besar.
4. Apabila terjadi buih putih yang mengambang di permukaan air di bak aerasi maka perlu mengatur kadar F/M sesuai kriteria desain.
5. Mengatur rasio resirkulasi lumpur dengan cara menambah debit masuk air limbah ke bak aerasi atau memperlambat lajut resirkulasi lumpur.
6. Perlunya pengukuran debit air limbah yang masuk ke IPAL. Pengukuran dapat menggunakan flow meter atau secara manual.
7. Perlunya pengecekan pH di tiap unit pengolahan secara rutin.

3.5.4.Saran

1. Mengoptimalisasi unit koagulasi-flokulasi yaitu mengenai dosis koagulan-flokulan serta kecepatan putaran paddle.

2. Mengoptimisasi unit biofilter anaerobik-aerobik untuk mendegradasi polutan organik dan anorganik.
3. Apabila memang diperlukan, perlu penambahan unit tambahan berupa constructed wetlands setelah unit filtrasi.

4. KESIMPULAN

Uji kualitas air limbah pada outlet IPAL menunjukkan bahwa parameter BOD₅, sulfida, krom total, amonia, minyak lemak, suhu dan pH telat memenuhi baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY Nomer 7 tahun 2016 untuk industri penyamakan kulit. Sedangkan parameter yang belum memenuhi adalah COD, TSS dan TDS. Perlu pengoptimisasi unit koagulasi-flokulasi dan biofilter anaerobik-aerobik untuk mengurangi kadar parameter yang belum memenuhi baku mutu. Kapasitas IPAL masih sangat memenuhi untuk debit puncak, sehingga IPAL ini masih bisa menampung debit air limbah yang lebih tinggi dari sekarang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- As, M. G. and Salimin, Z. (2013) 'Pengolahan Logam Berat Khrom (Cr) Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Dengan Proses Koagulasi Flokulasi dan Presipitasi', 2, p. 7.
- Calheiros, C. S. C. et al. (2012) 'Use of constructed wetland systems with *Arundo* and *Sarcocornia* for polishing high salinity tannery wastewater', *Journal of Environmental Management*. Elsevier Ltd, 95(1), pp. 66–71. doi: 10.1016/j.jenvman.2011.10.003.
- Desyana, A. R. (2017) *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Penyamakan Kulit di Kabupaten Magetan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Disperindag Kab Garut (1998) 'Revisi Kunci Menggerakkan Sektor Indag', p. 45.
- Eckenfelder, W. (2000) *Industrial Water Pollution Control*. Third Edit. Singapore: McGraw-Hill. Available at: www.mhhe.com.
- Fatmawati, N. S. et al. (2016) 'Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan', 5(2).
- Gao, B., Yue, Q. and Wang, B. (2004) 'Coagulation Efficiency and Residual Aluminum Content of Polyaluminum Silicate Chloride in', 32, pp. 125–130. doi: 10.1002/aheh.200300527.
- Gisi, S. De, Galasso, M. and Feo, G. De (2009) 'Treatment of tannery wastewater through the combination of a conventional activated sludge process and reverse osmosis with a

plane membrane', DES. Elsevier B.V., 249(1), pp. 337–342. doi: 10.1016/j.desal.2009.03.014.

Hidayati, R. (2017) 'Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Pada UPT Lingkungan Industri Kulit Kabupaten Magetan'.

Kabdash, I., Tiinay, O. and Orhon, D. (1999) 'Wastewater Control And Management In A Leather Tanning District', 40(1), pp. 261–267. doi: 10.1016/S0273-1223(99)00393-5.

Lofrano, G. et al. (2006) 'Toxicity reduction in leather tanning wastewater by improved coagulation flocculation process', 8(2), pp. 151–158.

Lofrano, G. et al. (2013) 'Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review', 462, pp. 265–281. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.004.

Mant, C. et al. (2006) 'Phytoremediation of chromium by model constructed wetland', 97, pp. 1767–1772. doi: 10.1016/j.biortech.2005.09.010.

Metcalf & Eddy (1979) Water Resources and Environmental Engineering. 2nd edn. Edited by G. Tchobanoglous. New York: McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy (2003) Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 5th edn. Edited by G. Tchobanoglous. New York: McGraw-Hill.

Nopol (1998) Nopol Aeration Manual. 2nd edn. Finland: Nopon Oy.

Norhadi, A. et al. (2015) 'Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahan Sungai Andai Banjarmasin Utara', 7(1).

Nurfitriyani, A., Wardhani, E. and Dirgawati, M. (2013) 'Penentuan Efisiensi penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi menggunakan Tempurung Kelapa secara kontinyu', 1(2), pp. 1–12.

Nurkomala, A., Nurdiani, D. and Padmadinata, L. D. (2017) 'Evaluasi Kinerja Unit Koagulasi Flokulasi Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Penyamakan Kulit di Garut', 1, pp. 89–95.

Nurmaliakasih, D. Y., Syakur, A. and Zaman, B. (2017) 'Penyisihan COD dan BOD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Horizontal Roughing Filtration (HRF) dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD)', 6(1).

- Nurwati, E. (2009) Pengaruh Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Terhadap Kadar Kromium Dalam Tanaman Jahe (*Zingiber officinale*). UIN Sunan Kalijaga.
- Said, Nusa Idaman, F. (2005) 'Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam', 1(3), pp. 289–303.
- Said, N. I. (2017) *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga.
- Setiyono and Yudo, S. (2014) *Daur Ulang Air Limbah Industri Penyamakan Kulit (Studi Kasus di Lingkungan Industri Kulit, Magetan, Jawa Timur)*. Cetakan Pe. BPPT Press. Available at: <http://www.kelair.bppt.go.id/%0A%0A>.
- Song, Z., Williams, C. J. and Edyvean, R. G. (2004) 'Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation', *Desalination*, 164, pp. 249–259.
- Song, Z., Williams, C. J. M. and Edyvean, R. G. J. (2000) 'Sedimentation of Tannery Wastewater', 34(7).
- Spellman, F. (2014) *Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. 3rd edn. Edited by T. & F. Group. Boca Raton: CRC Press. Available at: <http://www.crcpress.com>.
- Wu, C. (2014) 'Transposition of chrome tanning in leather making', *Jalca*, 109(June), p. 9.